محیط‌شناسی، سال سی و نهم، شمارهٔ ۳ ، پاییز ۹۲، صفحهٔ ۲۱۲-۲۰۱

برآورد هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی ناشی از بهره‌برداری آزادراه‌های کشور

محمود عامری[۱]، فاطمه زاهد*[۲]

۱. دانشیار دانشکدهٔ مهندسی عمران دانشگاه علم و صنعت و رئیس پژوهشکدهٔ حمل و نقل دانشگاه علم و صنعت ایران Ameri@iust.ac.ir

۲. عضو هیئت علمی (مربی) و مدیر امور پژوهشی پژوهشکدهٔ حمل و نقل دانشگاه علم و صنعت ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۱/۶/۱۳ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/٤/۱۶

چکیده

بخش حمل و نقل و به ویژه حمل و نقل جاده‌ای به‌منزلهٔ مهم‌ترین بخش مصرف‌کنندهٔ انرژی، بعد از بخش نیروگاهی، اصلی‌ترین عامل گرمایش جهانی است. در ادبیات اقتصادی، هزینه‌هایی که عاملان ایجادکنندهٔ آن‌ها (کاربران حمل و نقل) پرداخت نکرده و به اجتماع تحمیل شده‌اند، هزینه‌های خارجی شناخته می‌شوند. طبق نظریهٔ رفاه اقتصادی هر هزینه‌ای که در جامعه ایجاد می‌شود، باید از عاملان آن دریافت شود. بنابراین، باید معادل پولی هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی برآورد شود، تا بتوان از عاملان آن در قالب عوارض یا شیوه‌های دیگر قیمت‌گذاری تردد در معابر أخذ کرد. در ایران هنوز برآورد پولی مناسبی از هزینهٔ گرمایش جهانی ناشی از فعالیت بخش حمل و نقل جاده‌ای وجود ندارد. در این مقاله این شکاف تحقیقاتی مدنظر قرار می‌گیرد و با استفاده از مدل ریاضی، هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی برای وسایل نقلیهٔ مختلف (سواری، مینی‌بوس، اتوبوس، کامیون و تریلی) در جاده‌های کشور برآورد می‌شود. مدل برای آزادراه‌های کشور اجرا و نتایج آن ارائه می‌شود. نتایج حاکی است که هر دستگاه سواری، وانت و مینی‌بوس، اتوبوس، کامیون و تریلی به ترتیب هزینهٔ گرمایش جهانی معادل ۱۰/۳، ۳۱/۳، ۹۴/۰، ۹۴/۰ و ۱۳۵/۸ ریال را به ازای هر کیلومتر طی‌شده، ایجاد می‌کنند. بدیهی است که تریلی‌ها به علت سوخت بالاتری که مصرف می‌کنند هزینهٔ بیشتری نیز دارند. از مجموع ۳۶۰ میلیارد ریال هزینهٔ سالیانهٔ ناشی از نشر دی اکسید کربن در آزادراه‌ها، ۳۰ درصد سهم کامیون‌های سنگین و ۲۵ درصد سهم سواری و وانت است. نتایج به‌دست‌آمده از این مقاله می‌تواند کمک شایانی برای سیاست‌گذاران حمل و نقل جاده‌ای در جهت تعیین عوارض دقیق‌تر برای جاده‌ها باشد. عوارضی که در حال حاضر در آزادراه‌ها أخذ می‌شود حتی جبران‌کنندهٔ سهم هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی نیز نیست.

کلیدواژه

حمل و نقل جاده‌ای، دی اکسید کربن، گرمایش جهانی، گازهای گلخانه‌ای، هزینهٔ خارجی.

۱. سرآغاز

۱.۱. زمینه و هدف

حمل و نقل جاده‌ای در کنار مزایای مثبت، مانند سایر شیوه‌های حمل و نقل آثار منفی نیز دارد. حمل و نقل جاده‌ای باعث آلودگی هوا، آلودگی صوتی، تغییرات آب و هوایی، تصادفات و مشکلات دیگری می‌شود که آثار منفی بر محیط فیزیکی، بیولوژیکی و محیط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی می‌گذارد. از مهم‌ترین آثار خارجی حمل و نقل جاده‌ای، تغییرات آب و هوایی[۱] است. تغییرات آب و هوایی یا گرمایش جهانی[۲] به معنی افزایش دمای زمین به علت انتشار گازهای گلخانه‌ای[۳] به خصوص دی اکسید کربن است. گرمایش جهانی و تغییراتی که به واسطهٔ آن بر

* نویسنده مسئول: تلفن تماس: ۰۹۱۲۱۸۵۵۷۰۳ Email: Ir_beh@yahoo.com

الگـوی آب و هـوای جهـان تحمیـل مـی‌شـود، بـه‌منزلـهٔ بزرگ‌ترین تهدید برای انسان‌ها در قرن بیستم مطـرح بـوده است (Lau, et al., 2009). حمل و نقل و به ویژه حمـل و نقل جاده‌ای دومین عامل گـرم‌شـدن زمـین بعـد از بخـش انرژی است. در سال ۲۰۰۹ حمل و نقل مسئول ۲۳ درصـد از گازهای گلخانه‌ای انتشاریافتهٔ مربوط به انرژی بوده است که ۷٤ درصد این گازهای انتشاریافته مربوط به بخش حمل و نقل جاده‌ای بوده است (IEA, 2011). آلاینده‌های منتشره از بخش حمل و نقل طی دههٔ گذشته بیـشتر از هـر بخـش آلوده‌کنندهٔ دیگری سرعت رشد داشته‌اند و با رونـد کنـونی که دارند پیش‌بینی مـی‌شـود تـا سـال ۲۰۳۰ بـه میـزان ۸۰ درصـد افـزایش یابنـد (Creutzig, He ,2009). گرمـایش جهانی مسئله‌ای در سطح کل جهان است، اما آثار نامطلوب محیطـی و زیـان‌هـای اقتـصادی آن در انـدازهٔ محلـی نیـز چشمگیر است. بنابراین، توجـه بـه مـسئلهٔ تغییـرات آب و هوایی در بخش حمل و نقـل جـاده‌ای کـاملاً مـشخص و حیاتی است و یکی از راه‌هایی که در مطالعات مختلف بـه آن اشاره شده، برآورد هزینهٔ گرمایش جهانی است.

آثار منفی که تغییرات آب و هوایی (و البتـه سـایر آثـار دیگر مانند آلودگی صوتی، هوا و غیره) دارد، هزینه‌هایی را در بر خواهد داشت. کل هزینه‌های مربوط به حمل و نقـل، به ۲ دستهٔ اصلی تقسیم می‌شوند:

- **هزینه‌های داخلی**[٤]: هزینه‌هایی که عـاملان ایجادکننـدهٔ آن پرداخت می‌کنند، ماننـد هزینـهٔ خریـد خـودرو، هزینهٔ بیمه و غیره.
- **هزینه‌های خارجی**[٥]: هزینه‌هایی که عاملان ایجادکننـدهٔ آن پرداخت نمی‌کنند و به سایر افراد جامعه تحمـل می‌شوند. مانند هزینهٔ گرمایش جهانی، آلودگی هـوا، آلودگی صوتی و غیره.

طبق نظریهٔ رفاه اقتصادی[٦]، هر هزینه‌ای کـه در جامعـه ایجاد می‌شود باید به وسیلهٔ عاملان ایجادکنندهٔ آن پرداخت شود. این نظریه باید در خصوص هزینه‌های خارجی حمـل و نقل جاده‌ای نیز برقرار شود. به عبارت دیگر معادل پولی این هزینه‌ها در سطح جامعه مـشخص و از عـاملان اصـلی ایجادکنندهٔ آن (کاربران حمل و نقل) دریافت شود.

در مباحث اقتصاد خرد قیمت مهم‌ترین مکانیسم فرایند بازار است که به وسیلهٔ عرضه و تقاضا مشخص می‌شود، اما هنگامی که تمامی هزینه‌ها و منافع را در بازار نشان ندهد آن را شکست بازار[۷] می‌نامند. برای هزینه‌های خـارجی پدیـدهٔ شکست بازار روی می‌دهد، زیرا در بازار برای این هزینه‌ها معادل مناسبی وجود نـدارد. بنـابراین، بایـد بـا اسـتفاده از رویکردهای دیگری معادل پولی این هزینه‌ها محاسبه شود. امروزه در بیـشتر کـشورهای جهـان هزینـه‌هـای خـارجی برآورد شده‌اند و در محاسـبات مربـوط بـه قیمـت‌گـذاری جاده‌ها و أخذ عـوارض از کـاربران حمـل و نقـل در نظـر گرفته می‌شوند و با أخذ عوارض یا قیمـت تـردد از معـابر این هزینه‌ها درونی‌سازی می‌شوند. متأسفانه ایـن هزینـه‌هـا هنوز در ایران در ارزیابی‌های اقتصادی طرح‌هـای حمـل و نقلی یا سایر تصمیم‌گیری‌های حـوزهٔ حمـل و نقـل جـایی ندارند و در تعیین نرخ عوارض برای جاده‌هـای کـشور در نظر گرفته نمی‌شوند. تمامی راه‌های اصلی کـشور مـشمول هیچ‌گونه عوارضی نیستند و تنها تعـداد کمـی از آزادراه‌هـا دارای عوارضی‌اند که بیشتر به منظور پوشـش هزینـه‌هـای ساخت و نگهداری أخذ مـی‌شـوند. بنـابراین، بـه جاسـت هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی (و البتـه سـایر هزینـه‌هـای خارجی) شناسایی و به واحدهای پولی تبدیل و در بخـش حمل و نقل درونی‌سازی شوند. این موضوع انگیزهٔ اصـلی تحقیق و نگارش این مقالـه اسـت. در ایـن راسـتا از مـدل ریاضی که کارایی آن در مطالعات معتبر بـه اثبـات رسـیده، بهره گرفته شده است. با توجه به نوع وسیلهٔ نقلیه (سواری، مینـی‌بـوس، اتوبـوس، کـامیون و تریلـی) هزینـهٔ خـارجی گرمایش جهانی آن محاسبه شـده اسـت. کـل آزادراه‌هـای کشور برای نمونه انتخاب شـده و مـدل بـرای آن‌هـا اجـرا می‌شود. در مطالعاتی که در زمینهٔ هزینه‌های خـارجی و بـه ویژه گرمایش جهانی انجام گرفته، بیشتر روی ارائهٔ مدل یـا بهبود مدل‌ها تحقیق شده است، در حالی که در ایـن مقالـه (که بخشی از طرح پژوهشی مرتبط با هزینه‌هـای خـارجی حمل و نقل جاده‌ای است) بیشتر تأکید روی جنبهٔ عملی و کاربردی‌بودن نتایج به‌دست‌آمده است. تا به حـال در ایـران نتایجی برای حمل و نقل جاده‌ای به دست نیامده اسـت، از

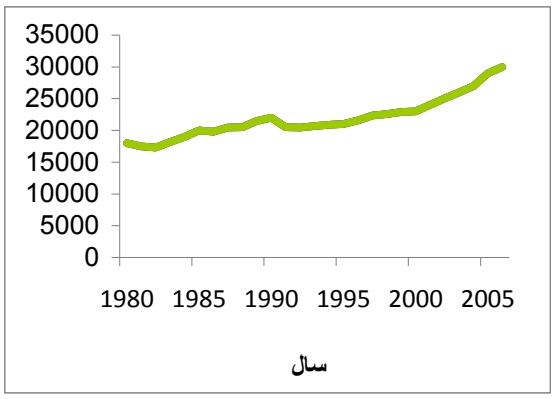
این رو این مقاله می‌تواند بخشی دیگر از ادبیات حمل و نقل جاده‌ای در کشور را تکمیل کند. یقیناً تعیین هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی و سایر هزینه‌های خارجی کمک شایانی به تصمیم‌گیرندگان بخش حمل و نقل جاده‌ای در جهت أخذ تصمیمات مناسب‌تر، عادلانه‌تر و دقیق‌تر خواهد کرد.

سایر بخش‌های مقاله بدین صورت ارائه شده است: ابتدا زمینه‌ای از تغییرات آب و هوایی و آثار آن ارائه می‌شود. در بخش دوم کارهای انجام‌گرفته در زمینهٔ تغییرات آب و هوایی در سطح جهان مرور می‌شود. بخش سوم در مقاله مدل ریاضی محاسبهٔ هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی است. همچنین، در این بخش هزینهٔ وسایل نقلیهٔ گوناگون به تفکیک معرفی می‌شوند. در ادامهٔ این بخش آزادراه‌های کشور برای نمونه انتخاب شده‌اند و هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی آن‌ها ارائه می‌شود. بخش چهارم نیز به بحث و نتیجه‌گیری از مقاله اختصاص یافته است.

۲.۱. ادبیات تحقیق

تحقیقات نشان می‌دهد که ۲ درجه گرم‌شدن زمین می‌تواند آثار مخربی داشته باشد و هزینه‌های فراوانی را بر کل کشورهای جهان تحمیل کند (Ackerman , Stanton, 2006). گازهای گلخانه‌ای مهم‌ترین عامل گرمایش سطح جهان به شمار می‌روند. بر اساس معاهدهٔ کیوتو[۸]، که در سال ۱۹۹۷ بسته شد، ٦ گاز گلخانه‌ای در حکم گازهای اصلی تغییرات آب و هوایی معرفی شدند که عبارت‌اند از: دی اکسید کربن[۹]، متان[۱۰]، اکسیدنیتروس[۱۱]، هیدروفلوئورکربن‌ها[۱۲]، پرفلوئورکربن‌ها[۱۳] و هگزافلوئورید سولفور[۱٤].

این گازها به علت اینکه انرژی بیشتری از نور خورشید را در خود حبس می‌کنند باعث افزایش دمای زمین می‌شوند. در این میان، دی اکسید کربن بیشترین تأثیر را دارد، زیرا بیشتر از سایر گازهای گلخانه‌ای تولید می‌شود. در اکثر مطالعاتی که روی تغییرات آب و هوایی انجام گرفته، فقط روی این گاز تمرکز شده است. انتشار دی اکسید کربن در دهه‌های اخیر دارای روند رو به رشدی در سطح جهان بوده است. نمودار ۱ این روند را نشان می‌دهد:



نمودار ۱. دی اکسید کربن انتشاریافته در سطح جهان بر حسب میلیون تن (۲۰۰۵-۱۹۸۰). منبع: (lau, et al., 2009)

این روند افزایشی سبب شده است که مسئلهٔ تغییرات آب و هوایی بیش از پیش بحرانی شود. آثار زیانبار تغییرات آب و هوایی یا گرمایش جهانی که باعث پدیدآمدن هزینه‌های خارجی می‌شوند عبارت‌اند از: بالاآمدن سطح آب دریاها، تأثیرات کشاورزی، بحران تأمین آب، آثار سلامتی، اکوسیستمی و تنوع زیستی (Maibach, et al., 2008).

موضوع هزینه‌های خارجی حمل و نقل تقریباً از سال ۱۹۷۰ در امریکا و اروپا آغاز شد و تحقیقات اندکی در این زمینه انجام گرفت. از سال ۱۹۹۰ به بعد با روی کار آمدن سازمان‌های غیردولتی[۱۵] مطالعات بیشتری روی هزینه‌های خارجی انجام گرفت. در سال‌های اخیر به علت اهمیتی که تغییرات آب و هوایی پیدا کرده، بیش از سایر هزینه‌های خارجی به آن توجه و مدل‌های مختلفی برای برآورد و کاهش آثار منفی آن ارائه شده است. پیچیدگی خاص در محاسبهٔ هزینهٔ تغییرات آب و هوایی باعث شده است که اختلافات فراوانی بین نتایج محاسبات مختلف به وجود آید.

در بسیاری از مطالعات مانند پروژهٔ INFRAS/IWW(2004) از هزینه‌های جلوگیری برای تخمین هزینه‌های خارجی استفاده کرده‌اند (Schreyer, et al., 2004). به عبارت دیگر این هزینه‌ها هزینهٔ تمایل به پرداخت یا پذیرش برای دستیابی به جامعه و وضعیت آب و هوایی مطلوب به شمار می‌روند. بیکل و همکاران (۲۰۰۵) به معرفی و محاسبهٔ هزینه‌های محیطی برای شیوه‌های مختلف حمل و نقل پرداختند، آن‌ها در کار خود هزینه‌های آلودگی صوتی،

تغییرات آب و هوایی و آلودگی هوا را مدنظر قرار دادند و از رویکرد مسیر تأثیر به‌منزلهٔ رویکرد مناسب محاسبه نام بردند (Bickel, et al., 2005). آن‌ها هزینهٔ تغییرات آب و هوایی را بر حسب سنت/کیلومتر وسیلهٔ نقلیه برای ماشین‌های سواری بنزینی و گازوئیلی، همچنین ماشین‌های سنگین محاسبه کردند. فورکنبروک (۲۰۰۸) سه هزینهٔ خارجی تصادفات، آلودگی صوتی و محیطی (آلودگی هوا و تغییرات آب و هوایی) را برای کامیون‌های باری محاسبه کرد. وی در مقالهٔ خود مقدار ۱/۱۱ سنت را برای هر تن/مایل به دست آورد (David,2008 Forkenbrock).

تعدادی دیگر از مطالعات مانند، اسکریر و همکاران (۲۰۰٤) به مسئلهٔ تعیین هزینه‌های خارجی از جمله هزینهٔ خارجی تغییرات آب و هوایی به‌منزلهٔ وسیله‌ای برای تعیین قیمت بهینهٔ استفاده از جاده‌ها و کمک به رشد و توسعهٔ جامعه پرداختند (Schreyer, et al., 2004). مرور ادبیات نشان داد که محاسبهٔ هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی همواره با بی‌اطمینانی‌های فراوانی روبه‌رو بوده است و برآوردهایی نیز که در این زمینه وجود دارد از ۱۰ دلار برای هر تن دی اکسید کربن آزادشده تا ۵۰ دلار تخمین زده شده است. حتی تعدادی ۳۰۰ دلار و حتی بیشتر را تخمین زده‌اند (Lemp, Kockelman, 2008).

بگ و همکاران (۲۰۰۲) مسئلهٔ تغییرات آب و هوایی را از دیدگاه دیگری بررسی کردند. آن‌ها به بررسی ارتباط بین تغییرات آب و هوایی با توسعهٔ پایدار پرداختند. در این مقاله اشاره شده است که تغییرات آب و هوایی علاوه بر آثار مخرب و هزینه‌های فراوان، یکی از عوامل اصلی عدم توسعه در کشورهای مختلف است (Beg, et al., 2002). راجان (۲۰۰٦) روش‌های کاهش انتشار آلاینده‌ها را در بخش حمل و نقل مسافر در امریکا بررسی کرد. وی در خصوص موانع اقتصادی، اجتماعی، تکنیکی و سیاسی برای اجرای این روش‌ها بحث کرده است. بیشتر این روش‌ها به رویکردهای فنّاوری و قیمت‌گذاری تأکید دارند (Rajan , 2006).

دمیرل و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی آثار حمل و نقل جاده‌ای روی محیط پرداختند. آن‌ها از مدل اطلاعات فضایی[16] برای بررسی روابط متقابل محیط و حمل و نقل جاده‌ای استفاده و برای بخشی از استانبول اجرا کردند (Demirel, et al., 2008). کروتزیگ و هی (۲۰۰۹) به بررسی مسئلهٔ تغییرات آب و هوایی در چین پرداختند. آن‌ها سیاست‌هایی را برای کاهش آثار منفی تغییرات آب و هوایی، همچنین کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل جاده‌ای معرفی کردند. در مقاله اشاره شده که میان هزینه‌های خارجی حمل و نقل جاده‌ای و تغییرات آب و هوایی بیشترین بی‌قطعیتی است، زیرا آثار بلندمدت فراوانی دارد که به راحتی ارزیابی نمی‌شود (Creutzig, He, 2009).

یانگ و همکاران (۲۰۰۸) به بررسی راه‌های ممکن برای کاهش گازهای گلخانه‌ای تا سطح ۸۰ درصد تا سال ۲۰۵۰ پرداخته‌اند. آن‌ها ایالت کالیفرنیا را به‌منزلهٔ نمونهٔ موردی انتخاب و گزینه‌های مختلف را برای کاهش گازهای گلخانه‌ای در شیوه‌های مختلف حمل و نقل (ریلی، جاده‌ای، دریایی و هوایی) مطرح کرده‌اند (Yang, et al., 2009). لمپ و کوکلمن (۲۰۰۸) به کمّی‌سازی هزینه‌های خارجی حمل و نقل جاده‌ای در امریکا پرداختند. در این مقاله علاوه بر هزینهٔ تغییرات آب و هوایی، هزینه‌های خارجی تراکم و تصادفات نیز بررسی شده‌اند (Lemp, & Kockelman, 2008). لاو و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی کارهای انجام‌گرفته در زمینهٔ کاهش گازهای گلخانه‌ای به ویژه دی اکسید کربن در ژاپن و مالزی پرداختند. مطالعات آن‌ها نشان داد که ژاپن در دستیابی به اهداف معاهدهٔ کیوتو موفق بوده، اما مالزی به این مهم دست نیافته است. در مقالهٔ مذکور چگونگی استفاده از سیاست‌های ژاپن برای مالزی بحث شده است (Lau, et al., 2009).

بیشتر مطالعات انجام‌گرفته در ایران روی کل هزینه‌های خارجی بوده است. بیشتر این مطالعات نیز در قالب پروژه‌های پژوهشکدهٔ حمل و نقل بوده است. از جملهٔ این تحقیقات می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: «شناسایی و بررسی روش‌های محاسبهٔ هزینه‌های خارجی حمل و نقل

زمینی» و «ارائهٔ مدل اقتصادی مناسب برای تعیین نرخ عوارض در آزادراه‌های کشور» (پژوهشکدهٔ حمل و نقل، ۱۳۸۷). این تحقیقات تقریباً همهٔ هزینه‌های خارجی را در حالت کلی در نظر گرفته‌اند و در خصوص هیچ‌کدام از هزینه‌های خارجی بحث نشده است. در این مطالعه به طور ویژه هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی مشخص و معادل پولی آن برآورد شده است. از این رو این مطالعه نوآوری و مشارکت در ادبیات است.

۲. مواد و روش‌ها

بیشتر آثار منفی گرمایش جهانی بلندمدت‌اند و هزینهٔ واقعی آن‌ها طی زمان مشخص می‌شود. به همین علت محاسبهٔ هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی همواره با پیچیدگی‌ها و بی‌اطمینانی‌های فراوانی روبه‌رو بوده است. در مطالعات مختلف سطح جهان، اتفاقی روی رویکرد خاصی وجود ندارد و روش‌های مختلفی در کارهای مختلف است که هر کدام نقاط ضعف و قوت ویژهٔ خود را دارند. در سال ۱۹۹۷ برای اولین بار در پروژه (ExternE,1999) روشی به نام رویکرد مسیر تأثیر[17] برای برآورد هزینه‌های محیطی (آلودگی هوا، آلودگی صوتی و تغییرات آب و هوایی) معرفی شد. کارایی این رویکرد باعث شد که در بسیاری از مطالعات از آن استفاده شود. مدلی نیز که در این مقاله استفاده می‌شود بر اساس همین رویکرد است. این مدل در پروژهٔ (GRACE, 2008) استفاده شده است. رویکرد کلی برای کمّی‌سازی هزینهٔ خارجی ناشی از تغییرات آب و هوایی دارای گام‌های زیر است:

۱. برآورد مسافت طی‌شده (بر حسب کیلومتر) به وسیلهٔ وسایل نقلیهٔ مختلف در ناحیه، منطقه یا سطح کشور.
۲. ضرب‌کردن مسافت طی‌شده از طریق وسیلهٔ نقلیه در فاکتورهای انتشار (برحسب گرم/کیلومتر) برای گازهای گلخانه‌ای مختلف.
۳. افزودن انتشار گازهای گلخانه‌ای مختلف به مجموع دی اکسید کربن منتشرشده. این مقدار به‌دست‌آمده کل گازهای گلخانه‌ای انتشاریافته را که سبب تغییرات آب و هوایی می‌شود نشان می‌دهد.
٤. ضرب‌کردن مجموع دی اکسید کربن انتشاریافته در فاکتور هزینه بر حسب واحد پولی/تن. از این تخمین برای برآورد کل هزینهٔ خارجی تغییرات آب و هوایی استفاده می‌شود.

رابطهٔ ۱ مدل محاسبهٔ هزینهٔ خارجی تغییرات آب و هوایی را بر اساس پروژهٔ GRACE[2008] و جدول ۱ متغیرهای مدل را نشان می‌دهد:

$$C_{GW} = \sum(EF_{dir}(m,v,g,l)\times DF_{dir}(m,g) + FC(m,v,f,l)\times DF_{FP}(m,f)) \quad (1)$$

جدول ۱. متغیرهای مدل محاسبهٔ هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی

متغیر	توصیف	واحد/ توضیحات
C_{GW}	هزینهٔ گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای	واحدپولی/ یک کیلومتر وسیلهٔ نقلیه
EF_{dir}	فاکتور انتشار–انتشار مستقیم	گرم/یک کیلومتر وسیلهٔ نقلیه
DF_{dir}	فاکتور خسارت–انتشار مستقیم	واحدپولی/گرم
FC	فاکتور مصرف سوخت	گرم/یک کیلومتر وسیلهٔ نقلیه
DF_{FP}	فاکتور خسارت- تولید سوخت	واحد پولی/گرم
m	شیوهٔ حمل و نقل	ریلی/ جاده‌ای و غیره
v	فنّاوری وسیلهٔ نقلیه	نوع سوخت، استانداردهای محیطی و غیره
g	گاز گلخانه‌ای	دی اکسید کربن
l	مکان	شهری/ غیرشهری
f	نوع سوخت	بنزین/ گازوئیل و غیره

منبع: (GRACE,2008)

۱.۲. داده‌های موردنیاز

در حالت کلی برای محاسبهٔ هزینهٔ خارجی گرم‌شدن هوا در هر دسته از وسایل نقلیه، متوسط میزان دی اکسید کربن منتشره را از آن‌ها در میانگین قیمت برای هر تن ضرب می‌کنند. بنابراین، رابطهٔ محاسبهٔ هزینه‌های نهایی گرم‌شدن هوا به ۳ پارامتر اصلی متکی است که هر کدام از آن‌ها از عوامل متعددی تأثیر می‌پذیرند.

الف) قیمت هر تن دی اکسید کربن منتشره: هزینهٔ آزادشدن هر تن دی اکسید کربن در بازهٔ زمانی کوتاه‌مدت. در این مقاله از برآورد مرکزی کشورهای مختلف اتحادیهٔ اروپا که برای رسیدن به اهداف معاهدهٔ کیوتو تنظیم شده است، استفاده می‌شود (Bickel, et al., 2006). در این برآورد برای هر تن دی اکسید کربن آزادشده ۲۰ یورو در نظر گرفته شده است.

ب) میزان دی اکسید کربن منتشره به وسیلهٔ هر دسته از وسایل نقلیه: دی اکسید کربن منتشرهٔ وسایل نقلیه می‌تواند به پارامترهای بسیاری وابسته باشد. نوع سوخت استفاده‌شده (بنزینی یا دیزلی)، پارامترهای عملیاتی (وضعیت ترافیکی و ...)، شرایط آب و هوایی، سن وسیلهٔ نقلیه، نوع تکنولوژی استفاده‌شدهٔ وسیلهٔ نقلیه و موارد دیگری از این قبیل هر کدام در میزان نشر آلاینده تأثیرگذارند.

ج) **میزان دی اکسید کربن منتشرهٔ حاصل از فرایند تولید سوخت برای استفادهٔ وسایل نقلیه:** در فرایندهای تولید گازوئیل و بنزین، میزان زیادی گاز دی اکسید کربن منتشر می‌شود. در نظر گرفتن مؤلفهٔ مذکور در محاسبات ضروری است.

۲.۲. رویکرد برابری قدرت خرید[18]

در ایران هنوز تحقیق جامعی روی هزینه‌های خارجی حمل و نقل جاده‌ای، که شامل هزینهٔ خارجی تغییرات آب و هوایی نیز می‌شود، انجام نگرفته است. برآورد این هزینه‌ها به داده‌ها و اطلاعات خاصی احتیاج دارد که متأسفانه در سطح کشور یافت نمی‌شود. یکی از این اطلاعات هزینهٔ هر تن دی اکسید کربن منتشرشده برای محاسبهٔ هزینهٔ تغییرات آب و هوایی است. بنابراین، این پارامتر را باید با استفاده از روش‌های خاصی از سایر مطالعات برای ایران درونی‌سازی کرد. رویکردی که معمولاً در ادبیات به کار می‌رود رویکرد برابری قدرت خرید است. در این روش از شاخص تعدیلی بر مبنای برابری قدرت خرید مطابق فرمول‌های زیر استفاده می‌شود (Bickel, et al., 2003):

$$AI = \frac{PPP_h}{PPP_b} \qquad (۲)$$

$$IV_h = IV_b \times AD \qquad (۳)$$

که در آن: AI شاخص تعدیلی، PPP_h برابری قدرت خرید کشور میزبان، PPP_b برابری قدرت خرید کشور پایه، IV_h ارزش اثر در کشور میزبان و IV_b ارزش اثر در کشور پایه است. در سال ۲۰۰۸ قدرت خرید ایران تقریباً یک چهارم متوسط قدرت خرید کشورهای اروپایی بوده است (World bank, 2008). با فرض مقدار ۲۰ یورو برای هر تن دی اکسید کربن آزادشده و با توجه به شاخص تعدیلی به‌دست‌آمده، مقدار این پارامتر برای ایران به اندازهٔ یک چهارم آن یعنی ۵ یورو به دست می‌آید. با در نظر گرفتن هر یورو معادل ١٤ هزار ریال (در سال ۱۳۸۷)، تقریباً ۷۰ هزار ریال برای هر تن دی اکسید کربن آزادشده در ایران به دست می‌آید.

سایر داده‌هایی که برای محاسبهٔ هزینهٔ خارجی تغییرات آب و هوایی لازم است همراه با نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۲ ارائه شده است.

این نکته را باید متذکر شد که در محاسبات از مقادیر متوسط استفاده شده است. ممکن است مواردی مانند، عمر وسیلهٔ نقلیه، نوع زیرساخت جاده‌ای، تکنولوژی وسیلهٔ نقلیه، فنّاوری تولید سوخت و غیره در میزان انتشار دی اکسید کربن تأثیر داشته باشند، اما در این مقاله حالت متوسط در نظر گرفته شده است. در ادامهٔ مقاله آزادراه‌های کشور برای نمونه انتخاب و هزینهٔ گرمایش جهانی آن‌ها با استفاده از مدل بیان‌شده محاسبه می‌شوند.

جدول ۲. هزینهٔ نهایی گرم‌شدن هوا از طریق وسیلهٔ نقلیه در هر کیلومتر از جاده

	نوع وسیلهٔ نقلیه				
	سواری و وانت	مینی‌بوس و کامیون دومحور سبک	اتوبوس	کامیون دو و سه‌محور	کامیون سه‌محور به بالا
قیمت هر تن CO_2 منتشره (DF_{dir} , DF_{fp})	۷۰ هزار ریال				
متوسط مقدار انتشار CO_2 از طریق وسیلهٔ نقلیه در هر کیلومتر از جاده بر حسب گرم (EF_{dir})	۱۱۶	۳۸۷	۱۱۶۳	۱۱۶۳	۱۶۸۰
متوسط میزان مصرف سوخت در هرکیلومتر از جاده بر حسب لیتر (AC)	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۶۵
میزان CO2 تولیدشده در نتیجهٔ فرایندهای تولید سوخت برحسب گرم بر کیلوگرم (EP)*	۵۶۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰	۴۰۰
متوسط مقدار انتشار CO2 بر حسب گرم در هر کیلومتر از جاده در نتیجهٔ فرایند تولید سوخت (FC) (FC=AC×EP)	۳۳/۶	۶۰	۱۸۰	۱۸۰	۲۶۰
جایگذاری در رابطه: $C_{GW} = \sum(EF_{dir}(f)\times DF_{dir} + FC(f)\times DF_{FP}(f))$					
هزینهٔ نهایی گرم‌شدن هوا از طریق وسیلهٔ نقلیه در هر کیلومتر از جاده بر حسب ریال (C_{GW})	۱۰/۲۶۲	۳۱/۲۹	۹۴/۰۱	۹۴/۰۱	۱۳۵/۸

منبع: (پژوهشکدهٔ حمل و نقل، ۱۳۸۷)

* میزان دی اکسید کربن منتشره به ازای تولید یک کیلوگرم بنزین و گازوئیل به ترتیب ۵۶۰ و ۴۰۰ گرم است.

۳.۲. یافته‌ها

برای آنکه بتوان نتایج به‌دست‌آمده را آزمایش کرد آزادراه‌های ایران در نظر گرفته می‌شوند و هزینهٔ آن‌ها به ازای یک وسیلهٔ نقلیه و مجموع وسایط نقلیه محاسبه می‌شود. تنها پارامتری که در محاسبهٔ هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی برای جاده‌های مختلف متفاوت است، طول جادهٔ مورد نظر است. برای مثال، برای آزادراه تهران–قم که طول آن ۱۳۸ کیلومتر است، کافی است نتایج به‌دست‌آمده برای هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی را به ازای ۱ کیلومتر در طول آزادراه یعنی ۱۳۸ کیلومتر ضرب کرد. هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی برای کل آزادراه‌های کشور برای یک دستگاه از وسایط نقلیهٔ مختلف در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج جدول ۳ را بدین صورت می‌توان تعبیر کرد که برای مثال در اثر تردد یک دستگاه سواری یا وانت روی محور کرج–قزوین حدود ۱۰۲۶ ریال هزینهٔ خارجی ناشی از گرمایش جهانی تحمیل می‌شود و این مقدار برای تردد یک کامیون سه‌محور به بالا روی محور کرج–قزوین ۱۳۵۸۰ ریال است. برای آنکه بتوان مجموع هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی کل آزادراه را محاسبه کرد باید حجم ترافیک آزادراه مورد نظر به ازای وسایط نقلیهٔ مختلف را در میزان هزینه‌ای که برای یک وسیلهٔ نقلیه از جدول ۳ به دست آمده است ضرب کرد.

جدول ۳. هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی آزادراه‌های کشور به ازای هر وسیلهٔ نقلیه (ریال)

آزادراه	سواری و وانت	کامیون دومحور سبک و مینی‌بوس	کامیون دو و سه‌محور	اتوبوس	کامیون سه‌محور به بالا
تهران–ساوه	۱۱۵۹/۶۰۶	۳۵۳۵/۷۷	۱۰۶۲۳/۱۳	۱۰۶۲۳/۱۳	۱۵۳۴۵/۴
کرج– قزوین	۱۰۲۶/۲	۳۱۲۹	۹۴۰۱	۹۴۰۱	۱۳۵۸۰
تهران–قم	۱۴۱۶/۱۵۶	۴۳۱۸/۰۲	۱۲۹۷۳/۳۸	۱۲۹۷۳/۳۸	۱۸۷۴۰/۴
اهواز–بندرامام	۹۴۴/۱۰۴	۲۸۷۸/۶۸	۸۶۴۸/۹۲	۸۶۴۸/۹۲	۱۲۴۹۳/۶
کنارگذرغربی اصفهان	۵۳۳/۶۲۴	۱۶۲۷/۰۸	۴۸۸۸/۵۲	۴۸۸۸/۵۲	۷۰۶۱/۶
نطنز–اصفهان	۹۳۳/۸۴۲	۲۸۴۷/۳۹	۸۵۵۴/۹۱	۸۵۵۴/۹۱	۱۲۳۵۷/۸
زنجان–بستان آباد	۲۶۱۶/۸۱	۷۹۷۸/۹۵	۲۳۹۷۲/۵۵	۲۳۹۷۲/۵۵	۳۴۶۲۹
باغچه–مشهد	۴۱۰/۴۸	۱۲۵۱/۶	۳۷۶۰/۴	۳۷۶۰/۴	۵۴۳۲
ساوه–سلفچگان	۶۸۷/۵۵۴	۲۰۹۶/۴۳	۶۲۹۸/۶۷	۶۲۹۸/۶۷	۹۰۹۸/۶
قزوین–زنجان	۱۹۳۹/۵۱۸	۵۹۱۳/۸۱	۱۷۷۶۷/۸۹	۱۷۷۶۷/۸۹	۲۵۶۶۶/۲
کاشان–نطنز	۷۱۸/۳۴	۲۱۹۰/۳	۶۵۸۰/۷	۶۵۸۰/۷	۹۵۰۶
قم–کاشان	۱۰۶۷/۲۴۸	۳۲۵۴/۱۶	۹۷۷۷/۰۴	۹۷۷۷/۰۴	۱۴۱۲۳/۲
قزوین–رشت	۱۳۰۳/۲۷۴	۳۹۷۳/۸۳	۱۱۹۳۹/۲۷	۱۱۹۳۹/۲۷	۱۷۲۴۶/۶

منبع: محاسبات محقق

جدول ۴. هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی روزانهٔ آزادراه‌های ایران به ازای مجموع وسایل نقلیه (میلیون ریال)

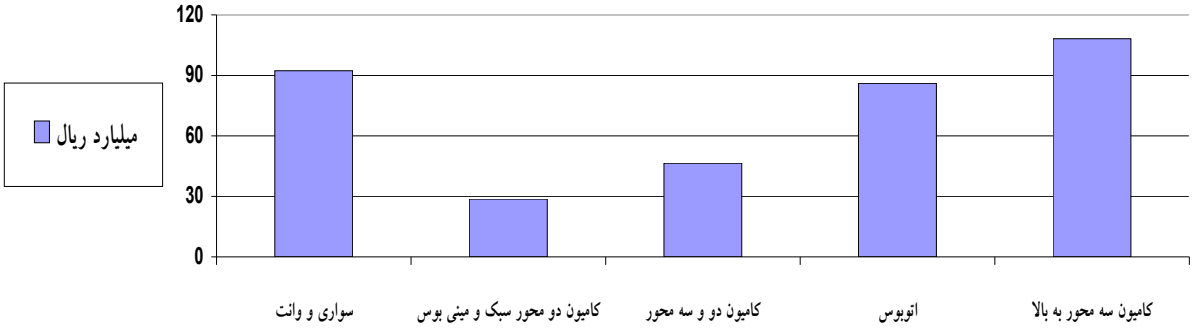
راه	سواری و وانت	کامیون دومحور سبک و مینی‌بوس	کامیون دو و سه‌محور	اتوبوس	کامیون سه‌محور به بالا
تهران–ساوه	۲۱/۷۲۱	۱۴/۳۶۲	۱۰/۲۱۹	۳۷/۸۵۰	۲۹/۸۶۲
کرج– قزوین	۵۱/۲۲۱	۲۳/۵۱۸	۲۷/۲۲۵	۲۳/۲۰۲	۴۶/۷۲۹
تهران–قم	۶۷/۱۳۳	۱/۲۶۹	۱۷/۴۱۰	۲۵/۳۶۳	۳۵/۹۲۵
اهواز–بندرامام	۳/۰۱۹	۱/۵۰۸	۱۱/۶۳۳	۱/۴۹۶	۲۲/۰۳۹
کنارگذر غربی اصفهان	۰/۴۰۳	۰/۱۷۲	۱/۵۴۰	۰/۷۲۸	۳/۷۰۰
نطنز–اصفهان	۳۴/۲۸۸	۱۳/۸۵۸	۷/۷۸۵	۲۸/۳۶۸	۱۴/۷۸۰
زنجان–بستان‌آباد	۱۱/۱۲۷	۲/۸۱۷	۱۰/۹۵۵	۲۰/۳۵۳	۴۳/۵۹۸
باغچه–مشهد	۶/۱۲۷	۲/۵۸۸	۱/۸۶۹	۸/۶۶۸	۳/۶۶۷
ساوه–سلفچگان	۲/۶۱۴	۴/۵۶۶	۵/۹۲۷	۸/۶۸۰	۱۸/۹۵۲
قزوین–زنجان	۲۱/۰۰۱	۷/۴۹۳	۱۰/۱۸۱	۳۳/۲۲۶	۲۱/۰۷۲
کاشان–نطنز	۴/۹۹۶	۱/۰۳۸	۴/۰۰۱	۵/۵۲۱	۱۵/۹۵۱
قم–کاشان	۱۰/۹۵۷	۲/۴۷۳	۵/۴۵۶	۱۰/۵۰۱	۲۲/۶۵۴
قزوین–رشت	۱۸/۲۶۴	۲/۸۶۹	۱۲/۷۷۵	۳۱/۶۱۵	۱۷/۲۹۸
مجموع هزینهٔ روزانهٔ انواع وسایل نقلیه روی آزادراه‌ها	۲۵۲/۸۷	۷۸/۵۳	۱۲۶/۹۸	۲۳۵/۵۷	۲۹۶/۲۳
هزینهٔ سالیانه (میلیارد ریال)	۹۲/۳	۲۸/۶۶	٤٦/۳۵	۸۵/۹۸	۱۰۸/۱۲
مجموع	***۳٦۱.٤۱ میلیارد ریال***				

منبع: محاسبات محقق

نتایج حاصل از این ضرب در جدول ٤ ارائه شده است. جدول ٤ مجموع هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی روزانهٔ آزادراه‌های ایران را نشان می‌دهد. تهران-ساوه روزانه مبلغ ۲۱/۷۲ ریال هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی برای مثال به ازای عبور وسایل نقلیه از نوع سواری و وانت از آزادراه به جامعه تحمیل می‌کند. دو ردیف آخر جدول ٤، هزینهٔ سالیانهٔ گرمایش جهانی آزادراه‌ها (برای ۳٦٥ روز سال) را به تفکیک وسایل نقلیه و جمع کل ارائه داده است.

نتایج به‌دست‌آمده به دو عامل حجم ترافیک و طول آزادراه بستگی دارند. همان‌طور که از جدول ٤ مشخص است هرچه طول آزادراه و حجم ترافیک آن بالاتر باشد میزان هزینهٔ بیشتری ایجاد می‌شود.

مدلی که در این مقاله استفاده شد برای انواع جاده‌ها استفاده‌شدنی است. همان‌طور که برای آزادراه‌ها محاسبه انجام گرفت، با در دست داشتن اطلاعات مربوط به سایر جاده‌های کشور می‌توان هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی آن‌ها را محاسبه کرد.



نمودار ۲. هزینهٔ خارجی سالیانهٔ گرمایش جهانی در آزادراه‌های کشور

۳. بحث و نتیجه‌گیری

بخش حمل و نقل جاده‌ای تأثیر بسزایی در گرمایش جهانی دارد. هزینه‌های فراوانی که گرمایش جهانی دارد باعث شده است که تحقیقات فراوانی پیرامون این هزینه‌ها انجام شود. یکی از راهکارهایی که در مطالعات مختلف دنبال شده است أخذ هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی از عاملان اصلی آن (کاربران حمل و نقل جاده‌ای) است. به این منظور ابتدا باید هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی شناسایی و معادل پولی آن‌ها محاسبه شود. در این مقاله از مدل ریاضی برای برآورد هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی در سطح جاده‌های کشور با توجه به نوع وسیلهٔ نقلیه استفاده شد. تعدادی از پارامترهای مدل دارای پیچیدگی خاصی بودند که برآورد آن‌ها احتیاج به صرف وقت و هزینهٔ فراوان داشت. بنابراین، این پارامترها با استفاده از روش برابری قدرت خرید برای ایران برآورد شدند. آثاری گرمایش جهانی معمولاً بلندمدت‌اند و برآورد خسارت و هزینه‌های اصلی آن‌ها به گذر زمان احتیاج دارد. بنابراین، تخمین هزینه‌های آن‌ها کار مشکلی بود. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که هر دستگاه سواری، وانت و مینی‌بوس، اتوبوس و خاور، کامیون و تریلی به ترتیب هزینهٔ گرمایش جهانی معادل ۱۰/۲٦۲، ۳۱/۲۹، ۹٤/۰۱، ۹٤/۰۱ و ۱۳٥/۸ ریال را به ازای هر کیلومتر طی‌شده، ایجاد می‌کنند.

بدیهی است که تریلی‌ها به علت مصرف بالای سوخت هزینهٔ بیشتری نیز دارند. در این مقاله آزادراه‌های کشور برای نمونه انتخاب و هزینهٔ گرمایش جهانی آن‌ها با استفاده از مدل مطرح‌شده محاسبه شدند. طول آزادراه و حجم ترافیک، فاکتورهای اصلی در میزان هزینهٔ به‌دست‌آمده، بودند. مدل مطرح‌شده را می‌توان به راحتی برای سایر جاده‌های کشور در نظر گرفت و هزینه‌های خارجی گرمایش جهانی آن‌ها را محاسبه کرد.

رایج‌ترین روش برای درونی‌سازی هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی و سایر هزینه‌های خارجی محاسبهٔ اصولی و علمی عوارض برای معابر اصلی یا حداقل کلیهٔ آزادراه‌هاست (روشی که هم‌اکنون در کشور به صورت ناقص و غیرعلمی اجرا می‌شود). اما متأسفانه هنوز در تعیین نرخ عوارض برای جاده‌های کشور هزینه‌های خارجی لحاظ نمی‌شوند. حتی تعدادی از آزادراه‌های کشور هیچ‌گونه نرخ عوارضی ندارند. همچنین آزادراه‌هایی که دارای عوارض‌اند نرخ عوارض آن‌ها بسیار پایین است و حتی هزینهٔ خارجی گرمایش جهانی را پوشش نمی‌دهد. برای مثال، عوارض سال مورد مطالعه برای آزادراه تهران- قم برای سواری، وانت و مینی‌بوس، اتوبوس و خاور، کامیون و تریلی به ترتیب معادل ۱۰۰۰، ۳۵۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰ و ٦۵۰۰ ریال بوده، در حالی که بر اساس جدول ۳ تنها هزینهٔ گرمایش جهانی آزادراه برابر ۱٤۱٦، ٤۳۱۸، ۱۲۹۷۳، ۱۲۹۷۳ و ۱۸۷٤۰ به ترتیب برای وسایل نقلیهٔ مختلف است. مقایسهٔ بین این ارقام نشان می‌دهد که آنچه به نام عوارض آزادراه از کاربران أخذ می‌شود بسیار پایین‌تر از میزان واقعی آن‌هاست. حال اگر سایر هزینه‌های خارجی مانند آلودگی هوا، تصادفات و غیره محاسبه شوند، این هزینه‌ها به مراتب بیشتر خواهند شد. البته نظر نگارنده بر این نیست که کل این عوارض از کاربر حمل و نقل أخذ شود، زیرا بخشی از این هزینه ناشی از عدم تطابق خودروهای تولیدی با استانداردهای روز است که این بخش می‌بایست از خودروساز أخذ شود (به شرط اینکه خودروساز این هزینه‌ها را بر مشتری، که دخالتی در پروسهٔ تولید غیربهینه ندارد، تحمیل نکند). همچنین هزینهٔ خارجی تولید سوخت غیراستاندارد می‌بایست از بخش تولید مربوطه (بخش پالایشگاهی) أخذ شود. هزینه‌های خارجی فقط محدود به هزینهٔ گرمایش جهانی نمی‌شوند، بلکه هزینه‌های دیگری مانند آلودگی صوتی، آلودگی هوا، تراکم و تصادفات از دیگر هزینه‌های خارجی ناشی از فعالیت‌های حمل و نقل جاده‌ای به شمار می‌روند. برآورد این هزینه‌ها می‌تواند موضوع مناسبی برای تحقیقات آتی باشد ضمن اینکه هزینه‌های خارجی را می‌توان در سایر شیوه‌های حمل و نقل (ریلی، هوایی و دریایی) نیز محاسبه کرد. از طرفی اعمال سیاست‌های کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به کاهش هزینه‌های خارجی مربوطه و کنترل علت به جای جبران معلول (جبران هزینه‌ها) منجر می‌شود. بر اساس اعلام گزارش سازمان بین‌المللی انرژی (سال انتشار ۲۰۱۱)، ایران در بین کشورهای جهان در سال ۲۰۰۹، پس از کشورهای چین، امریکا، هند، روسیه، ژاپن و آلمان، هفتمین کشور تولیدکنندهٔ گازهای گلخانه‌ای است که بیش از ۷۵ درصد این انتشار نیز از مصرف بالای سوخت و انرژی در کشور نشأت می‌گیرد. سرانهٔ انتشار گاز CO_2 در ایران در سال ۲۰۰۹ در بخش حمل و نقل جاده‌ای ۱۵٦۳ کیلوگرم بوده که حدود ۱/۵ برابر متوسط جهانی آن (۹٦۸ کیلوگرم بر نفر) است. همچنین حدود یک سوم سرانهٔ انتشار امریکا در بخش حمل و نقل جاده‌ای و ۱/۸ برابر سرانهٔ انتشار چین و هنگ کنگ است (IEA, 2011).

بر اساس تحقیقی که نگارنده در پژوهشکدهٔ حمل و نقل انجام داده است (زاهد و همکاران ۱۳۹۰)، از کل انتشار گاز CO_2 در بخش حمل و نقل جاده‌ای (مجموع درون‌شهری و برون‌شهری)، ۲٦ درصد سهم حمل و نقل جاده‌ای برون‌شهری (موضوع مقالهٔ حاضر) است که این مقدار معادل ۳۰ میلیون تن انتشار سالیانه است. یکی از سیاست‌های کاهش انتشار CO_2، بهره‌گیری از حمایت‌های مالی بین‌المللی و به خصوص مکانیزم‌های انعطافی پروتکل کیوتو است. برای مثال، توسعهٔ پاک (CDM)، مکانیزم همکاری بین‌المللی است که به منظور کاهش آثار منفی اجرای پروتکل کیوتو در کشورهای در حال توسعه و انتقال سرمایه و تکنولوژی از کشورهای توسعه‌یافته به ملل در حال توسعه و کمتر توسعه‌یافته شکل گرفته است.

اجرای پروژه‌های مکانیزم توسعهٔ پاک در زمینه‌هایی مانند به کارگیری انرژی‌های نو، تغییر در مد حمل و نقل،

تغییر نوع سوخت، ارتقای تکنولوژی خودروها، علاوه بر کسب درآمد از طریق فروش اعتبارات کاهش انتشار به کشورهای متعهد، می‌تواند باعث انتقال تکنولوژی به کشور و کاهش مصرف سوخت، کاهش هزینه‌های خارجی مترتب، ترویج استفاده از منابع تجدیدپذیر انرژی و حفظ محیط‌زیست کشور شود. مهم‌ترین ضعف قوانین مربوط به تغییرات آب و هوا در ایران نبود عناصر تحقیق و تشویق در قانون، همچنین ضعف مدیریت در خصوص فعالیت‌های اجرایی است که برطرف‌کردن این ضعف‌ها موجب بیشتر همسوشدن قوانین ایران با کنوانسیون تغییرات آب و هوا، کاهش گازهای گلخانه‌ای در بخش حمل و نقل و نتیجتاً کاهش هزینه‌های خارجی مترتب خواهد شد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی با عنوان «برآورد هزینه‌های خارجی ناشی از فعالیت بخش حمل و نقل جاده‌ای در کشور» است که با حمایت مالی پژوهشکدهٔ حمل و نقل انجام گرفته است. بدین وسیله از مجری محترم پروژه جناب آقای دکتر حمیدرضا ارباب قدردانی می‌شود.

یادداشت

1- Climate change
2- Global warming
3- Greenhouse gas
4- Internal costs
5- External costs
6- Economic welfare theory
7- Market failure
8- Kyoto protocol
9- Carbon dioxide
10- Methane
11- Nitrous oxide
12- Hydro fluorocarbons
13- Per fluorocarbons
14- Sulfur hexafluoride
15- Nongovernmental organization(NGO)
16- Spatial information sciences (SIS)
17- Impact pathway approach (IPA)
18- Purchase power parity

منابع

پژوهشکدهٔ حمل و نقل وزارت راه و ترابری .۱۳۸۷. «ارائهٔ مدل اقتصادی جهت تعیین نرخ عوارض آزادراه‌های کشور»، فصل ۵، ص. ۶۵-۶۶.

زاهد و همکاران – پژوهشکدهٔ حمل و نقل وزارت راه و ترابری (۱۳۹۰). «بررسی جنبه‌های اجرای پروتکل کیوتو در بخش حمل و نقل جاده‌ای کشور».

Ackerman, F.,E., Stanton. 2006. climate change-the costs of inaction", Global Devolpment and Environment Institue Tufts University.

Beg, N., et al.2002. Linkage between climate change and sustainable development", Climate Policy, Vol. 2, pp. 129-144.

Bickel, P.2003 "Environmental marginal cost case studies". UNITE Deliverable 11, Stuttgart, website: www.its.leeds.ac.uk/projects/unite/D11.pdf.

Bickel, P. 2006. Developing Harmonized European Approaches for Transport Costing and Project Assessment", HEATCO Deliverable 2: State-of-the-art in project assessment Stuttgart: Universität Stuttgart.

Bickel, P., S.,Schmid, R.,Friedrich .2005. Environmental costs", Transportation Economics, Vol. 14**,** pp. 185-209.

Creutzig, F. & D.,He. 2009. Climate change mitigation and co-benefits of feasible transport demand policies in Beijing", Transportation Research Part D, Vol.14**,** pp. 120-131.

Demirel, H., et al .2008. Exploring impacts of road transportation on environment: a spatial approach", Desalination, Vol. 226**,** pp. 279-288.

Extern E, European Commission .1999a. ExternE externalities of energy", Vol. 7 - Methodology 1998 update. A report produced for the EC - DG XII, Luxembourg, Office of Publications for the European Communities, Luxembourg

Forkenbrock, David J. 2008. Comparison of external cost of rail and truck freight transportation", Transportation Research Part A, Vol. 35**,** pp. 321-337

Grace, Ricci, A., et al .2008. Generalization of marginal social cost estimates", GRACE. Deliverable 7, Stuttgart, website: www.its.leeds.ac.uk/projects/GRACE.

IEA, International Energy Agency.2011. edition " CO2 emission from fuel combustion, highlight", www.IEA.org/ co2highlights/ co2highlights.pdf

IEA, International Energy Agency.2004. World Energy Outlook 2004. IEA, Paris.

Lau, L. C., et al .2009. A comparative study on the energy policies in Japan and Malaysia in fulfilling their nations obligation towards the Kyoto Protocol", Energy Policy, Vol**.7,** pp. 121-129.

Lemp, J. D. & K. M.,Kockelman.2008. Quantifying the external costs of vehicle use: Evidence from Americas top-selling light-duty models", Transportation Research Part D, Vol. 13**,** pp. 491-504.

Maibach .M., M., Schreyer, C., Sutter .2008. Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Internalization Measures and Policies for All external Cost of Transport" (IMPACT).

Rajan, S. C. 2006. Climate change dilemma: technology, social change or both? An examination of long-term transport policy choices in the United States", Energy Policy, Vol. 34**,** pp. 664-679.

Schreyer,C., et al .2004. External Cost Of Transport update study" , Zurich/Karlsruhe (INFRAS/IWW).

World Bank. .2008. list of countries by GDP(PPP) per capita ", source: World Bank, website: www. .en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_(PPP)_per_capita.

Yang, C., et al .2009. Meeting an 80% reduction in greenhouse gas emissions from transportation by 2050: A case study in California", Transportation Research Part D, Vol. 14**,** pp. 147-156.